

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

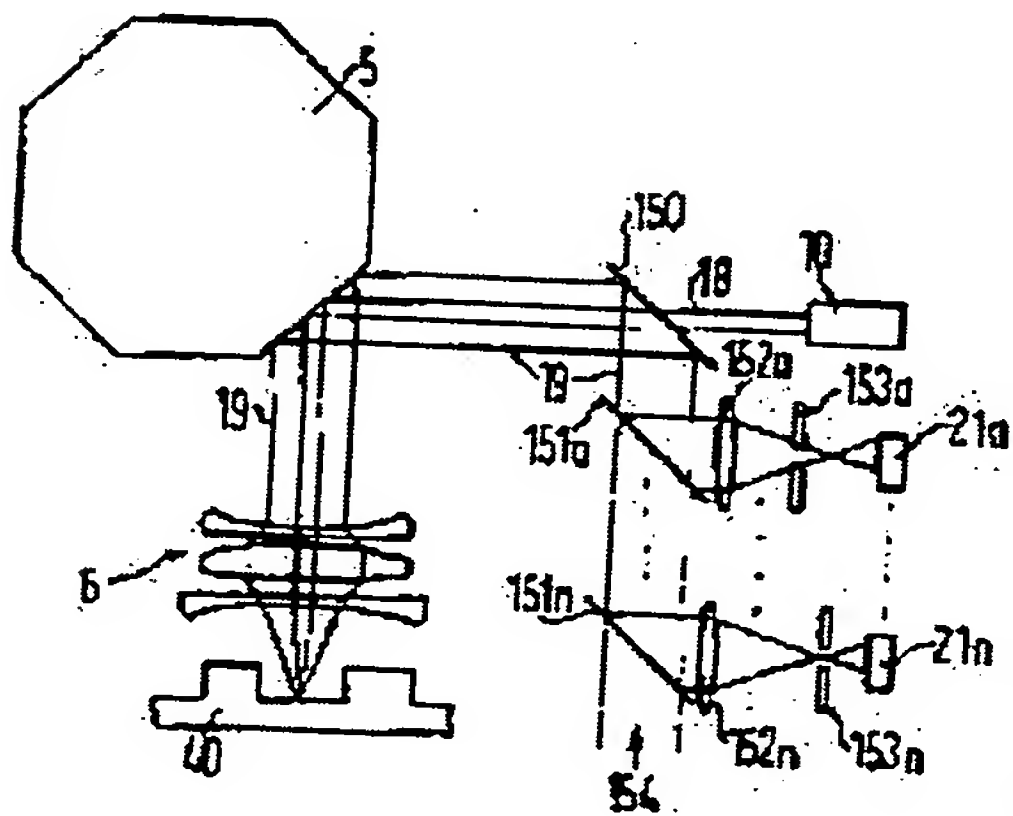
(11)Publication number : 05-240607  
(43)Date of publication of application : 17.09.1993

(51)Int.Cl. G01B 11/00

(21)Application number : 04-248620 (71)Applicant : SIEMENS AG  
(22)Date of filing : 24.08.1992 (72)Inventor : SCHICK ANTON  
SCHNEIDER RICHARD DR  
STOCKMANN MICHAEL

(30)Priority  
Priority number 91 91120863 Priority date 04.12.1991 Priority country EP

## (54) OPTICAL INTERVAL SENSOR



### (57)Abstract:

PURPOSE: To obtain a sensor having low sensitivity and a high data rate regarding high resolution and two-dimensional reflection by providing an illumination beam having smaller diameter than that of a measuring beam in the pupil of a scanning objective lens and a beam splitter.

CONSTITUTION: Many focuses are realized by dividing measuring beam to many individual beams of optical systems 152a to 152n, diaphragms 153a to 153n and photodetectors 21a to 21n. Illumination beam 18 is generated by a laser 10, and deflected on a rotary polygonal mirror 5 by an out coupling mirror 150. The mirror 150 reflects the beam 18 toward the surface of an object 40. Further, an objective lens 6 for simultaneously introducing the beam 18 and measuring 19 in both the directions is

provided. The aperture number of the beam 18 is smaller than that of the beam at the measuring position on the surface of the object 40. The beam 19 introduced via the lens 6 is again returned to the mirror 150 via the mirror 5, and then spit in a beam splitter 154.

## CLAIMS

[Claim 1] The punctiform light source by which is an optical spacing sensor by the optical image formation principle of the parfocal for inspecting especially an electronic flat module, and image formation is carried out on a front face in order to calculate a height value, and in order to carry out surface measurement of three dimensions, The scan objective lens with which it lets the beam deflection unit, and the lighting beam (18) and the measurement beam (19) for scanning a front face in the shape of a step pass (6), In the spacing sensor which has the photodetector (2) arranged to the punctiform light source at the parfocal It has the lighting beam (18) which has a far small diameter as compared with a measurement beam (19) in the pupil of a scan objective lens (6). It has the almost equal diameter of the lighting beam (18) in the measuring point on an object front face, and a measurement beam (19). A lighting beam (18) has the larger depth of focus (T) than a measurement beam (19) in that case. It has a beam division unit (154) for dividing a measurement beam (19). Optical system (152 a-n) and the photodetector of almost punctiform are arranged in the direction of the measurement beam (19) divided behind that. It is shifted and arranged in the direction of the measurement beam (19) divided into the depth of focus (T) of a lighting beam (18) in order that a photodetector might distinguish a height value in that case. Moreover, the height phase of each time is recognized by the photodetector which has the maximum optical reinforcement. The optical spacing sensor characterized by having the diameter of the photodetector currently designed so that image formation of the diameter of the lighting beam (18) which changes with height may be carried out into the photodetector of the attachment to accuracy in the depth of focus (T).

[Claim 2] The optical spacing sensor according to claim 1 characterized by realizing in many divider mirrors (151 a-n) in which a beam division unit (154) carries out before and after \*\*\*\*, and is arranged in the measurement beam (19).

[Claim 3] In order to divide a measurement beam (19), the single optical diffraction element which divides a measurement beam (19) in the direction in which it was set to a large number is prepared. It is shifted and arranged in the direction of the measurement beam (19) divided into the depth of focus (T) of a lighting beam (18) in order that a punctiform photodetector may distinguish a height diameter in that case. Moreover, the optical spacing sensor according to claim 1 characterized by recognizing the height phase of each time by the photodetector which has the maximum optical reinforcement.

[Claim 4] The optical spacing sensor according to claim 3 characterized by arranging single optical system instead of optical system (152 a-n) in front of an optical diffraction element and in the back.

[Claim 5] Claim 1 characterized by realizing by the activity as which the configuration of almost punctiform of a photodetector (21 a-n) was prefaced, and to extract (153 a-n) thru/or the optical spacing sensor of one publication of four.

- [Claim 6] the back which a list and reinforcement extract [ the scan objective lens (6) to many light wave length / the depth of focus range of each color ] one by one (153 a-n) -- many colors -- the optical spacing sensor according to claim 1, 2, or 5 characterized by being designed so that it can accept with regards to a color with a sensitive photodetector.
- [Claim 7] Claim 1 characterized by realizing the punctiform light source by laser thru/or the optical spacing sensor of one publication of six.
- [Claim 8] Claim 1 characterized by the beam deflection unit being realized by the rotating polygon thru/or the optical spacing sensor of one publication of seven.
- [Claim 9] Claim 1 characterized by using the out coupling mirror (150) which has a central hole in order to separate a lighting beam (18) and a measurement beam (19) thru/or the optical spacing sensor of one publication of eight.
- [Claim 10] Claim 1 characterized by the ratio of the aperture include angle of the measurement beam (19) in a measuring point and a lighting beam (18) being at least 2:1 thru/or the optical spacing sensor of one publication of nine.
- [Claim 11] Claim 1 characterized by the scan objective lens (6) being constituted by the tele cent rucksack thru/or the optical spacing sensor of one publication of ten.
- [Claim 12] three dimensions -- claim 1 to which a scan objective lens (6) is characterized by the thing of others [ change / or / the depth of focus ], and the exchangeable thing in order to change the measuring range of resolution and a scan objective lens (6) thru/or the optical spacing sensor of one publication of 11.
- [Claim 13] Claim 1 characterized by preparing the electronic formula compensation unit with which intensity distribution with the unequal partial beam of the measurement beam (19) to various photodetectors are compensated thru/or the optical spacing sensor of one publication of 12.
- [Claim 14] Claim 1 characterized by having a nonlinear transfer characteristic curve in order for electronic formula amplifier (22a thru/or n) to \*\*\*\* in a photodetector (21a thru/or n) and to avoid overdamping thru/or the optical spacing sensor of one publication of 13.
- [Claim 15] Claim 1 characterized by leaning the spacing sensor about the normal on the front face of an object so that the object of three dimensions can be aslant observed also from a top thru/or the optical spacing sensor of one publication of 14.

---

## DETAILED DESCRIPTION

---

[0001]

[Industrial Application] This invention relates to the optical spacing sensor by the optical image formation principle of the parfocal for carrying out surface measurement of three dimensions in order to calculate a height value. The desirable activity field is inspection of the shape of modularity in an electronic flat assembly especially like inspection of a soldering part, and a multi chip module

mounted densely.

[0002]

[Description of the Prior Art] the time of inspection of the soldering part of a flat assembly, or a module -- mainly -- a conductor -- it is inspected about the quality of a band constriction, the dirt by the particle, and a soldering part, right arrangement of a connection pad, a short circuit, etc. Inspection of the three-dimensions object in high resolution and a high inspection rate is indispensable according to buildup of the component-mounting consistency in microelectronics. The micro patchboard [ finishing / especially un-mounting or mounting ] should be inspected automatically.

[0003] The equipment with which it is known for photoing the height raster image which consists of the point of a large number which exist in the three dimensions on the front face of an object until now is based mainly on the so-called triangulation method. A laser beam scans the front face of an object in that case. Two flat-surface position coordinates of a specific surface point are known by the relative location between a scanning beam or a lighting beam, and a flat assembly. at least one objective lens with which the height coordinate of the surface point by which current measurement is carried out is arranged in the side -- a location -- it connects to a sensitive detector and is detected. In this way, the position coordinate of the three dimensions of many surface points may be determined. A specific error standard is respected again and the defect in a flat assembly may be automatically recognized by the comparison with the surface image and ideal surface image which were photoed.

[0004] Although the above-mentioned triangulation method is improved in various viewpoints, it has some following theoretic faults. - If the reflected light from the surface point of an object that a detector does not \*\*\*\* at a current colliding point is photoed, there is fear of the effect of secondary light. This is well-informed about a remarkable measurement error, when the front face is shining strongly. - Since the small object located in a depression together with a very dense comparatively large object becomes shade, in all cases, it must have been detected. In order to keep SHAIMU snowplow (Scheimpflug) conditions, generally the image formation to a detector top which is not expanded is required. When this has the small magnitude of a measurement spot, it passes to high power flux density. It restricts that the high power flux density on the detector front face of longitudinal direction photo diode raises a scan speed. The activity of a photo diode array does not raise a data rate. - For example, an image formation scale, therefore deflecting resolution again are not known by easy exchange of the objective lens in a sensor system until now.

[0005] The gaging system by the triangulation method obtained in a commercial scene has the specific gestalt which can avoid the above-mentioned fault selectively. The robotic-vision systems company (Robotic Visior Systems, U.S.) has adopted the straight-line photo diode array instead of longitudinal direction photo diode in order to avoid the incorrect measurement by secondary reflection. Incorrect measurement is recognized with suitable assessment SOUTO wear, and it is eliminated. However, the data rate of a system decreases as a whole so strongly that it is not suitable for the perfect inspection by the process line.



[0006] In order to conquer the problem in the case of application of longitudinal direction photo diode, Matsushita congratulation electrical-and-electric-equipment incorporated company (Japan) developed the system observed from eight directions. Assessment of a detector signal is performed by the suitable algorithm. Thereby, the certainty of the recognition in the front face which is shining becomes high. Whole structure is dramatically expensive by the activity of about four sensor heads which have eight detectors each scanned with the disk which carries out a high-speed revolution. Furthermore, this system cannot be measured in a deep hole. Larger resolution than 40 micrometers is not attained for the problem of the mechanical and optical adjustment in the case of the high-speed revolution of a sensor head.

[0007] the conductor with which the Nagoya electrical-and-electric-equipment factory (Japan) was mounted by the laser beam -- a plate top is scanned and the include angle of specular reflection is measured. Height may be absolutely determined by the integral by assessment of a soldering part or the slope of surface of components. However, larger dip than 45 degrees must have been detected. It is not measurable in the height of the object which has a vertical wall by that cause. The measurement in a small hole is not possible, and secondary reflection must have been eliminated.

[0008] The same well-known system is offered from the OMRON life-science lab (Japan). Here, height information is acquired from the light by which specular reflection was carried out. A sample is illuminated by three different colors from various directions. The light by which specular reflection was carried out is detected by color photography, and the dip on the front face of a sample is calculated. The engine-performance range is mostly equivalent to the system of the Nagoya electrical-and-electric-equipment factory.

[0009] It can be said that the secondary reflection produced in the soldering part which generally has the front face which carries out especially specular reflection invites incorrect information and the suitably mistaken height value to the soldering part which adjoins in the case of a large detector front face. Therefore, it tries hard toward the activity on the small front face of a detector. because, the measuring point which should be carried out image formation by this at present -- since only a perimeter is detected immediately -- it is . The activity of the synchronized triangulation method respects this. A detection beam is turned to a detector front face through a scan objective lens and a beam deflection unit (rotating polygon) by the deflection equipment attached in the two sides in that case. Image formation only of the height motion of the colliding point to a detector is carried out by the beam deflection with which lighting and a measurement beam (detection beam) synchronized, and this may be suitably made thin by it, and secondary reflection of a scanning direction is made dark. Thereby, the turbulence echo vertically produced to a scanning direction is not removed. It is necessary two to observe system Uemitsu's colliding point or measuring point only from space. the conductor mounted densely -- with a plate, this passes to considerable shading.

[0010] The approach already proved in the case of measurement of the three dimensions of structure is based on the parfocal principle. Image formation of the

punctiform light source usually defined with a drawing hole is carried out on a sample or an object in that case. the maximum optical reinforcement is located in the focus of the optical system of each time actually [ an object and a detector flat surface ] in that case (parfocal) -- only a detector (photodetector) will be hit if it becomes. If an object is located in the outside of a focal plane, breadth with a strong measurement beam will arise in front of a punctiform detector, and measurable reinforcement will decrease strongly by it.

[0011] The sensor based on a parfocal principle is indicated on work "3D profile detection of etched pattern which uses laser scanner" SPIC collected works besides reference Ando, the 389th volume, the optical system engineering III, U.S. Los Angeles, and January 20 or 21, 1989. It is especially shown in Figs. 2 and 3 that an object flat surface and a sensor flat surface are located in focal within the limits, respectively. Furthermore, the activity of the rotating polygon as a scan lens and a beam deflection unit is indicated by this reference.

[0012]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] The technical problem of this invention is to provide the low sensibility and the coincidence about high resolving power and a secondary light reflex with the optical spacing sensor which has a high data rate.

[0013]

[Means for Solving the Problem] This technical problem is solved by the description part of claim 1.

[0014]

[Function and Effect] The sensor which consists of parfocal principles operates according to the light source by which image formation is carried out to punctiform on an object. Image formation of the light by which the backscattering was carried out from the object is carried out on the detector of almost punctiform. The object and the image, or the detector is located in the focus of lighting or a measurement beam. The small depth of focus connected to it is connected to the high resolution in the case of photography of the surface point for three-dimensions measurement of an object.

[0015] The height information or the height value which should be photoed is acquired by the lighting and observation of the large include angle in whether for it to be similar to a triangulation method and to be able to do to the normal on the front face of an object vertical at a basis. However, when the scan objective lens to which a lighting beam and a measurement beam are led simultaneously is used and the diameter of a lighting beam consists of diameters of a measurement beam small far again in that case, rear-spring-supporter observation is performed to the whole aperture cone of an objective lens. In this way, in case all the beams that depart from the colliding point of a lighting beam for an object front face are measurement, it respects. The space include angle which contributes for detection is farther [ than that of a triangulation method ] large by it.

[0016] This invention is based on recognition that sufficient data rate is realized to a current demand by the optical spacing sensor which is deformation of a parfocal principle. In order to avoid the object shift of the comparatively late

longitudinal direction in the case of the photography of a surface image by which rasterization was carried out, and the direction of an axis, the photodetector of almost punctiform which \*\*\*\*s with the measurement beam divided into multiplex, and operates to many juxtaposition is formed. All photodetectors are dividing the height measuring range where it is arranged at the parfocal and an object cannot change height and which is beforehand given with the depth of focus of a lighting beam if it becomes. This greatest height measuring range is divided into many phases which can be decomposed without mechanical flattery of an object in this way. Therefore, the punctiform photodetector shifted about the measurement beam into which versatility was divided needs to be arranged. The diameter of a photodetector is designed so that image formation of the diameter of the lighting beam in the depth of focus which changes with measurement height may be carried out into the photodetector matched with accuracy. The height phase suitable each time in the depth of focus of a lighting beam is recognized by the photodetector which has the maximum optical reinforcement.

[0017] In the advantageous embodiment of this invention, the divider mirror is used as a beam division unit. Although a beam-splitter mirror requires device top costs, it is the beam division unit of the easiest format. This is applied also when dividing a measurement beam to the individual beam of about 20.

[0018] The simplification on structure is attained by the activity of a single optical diffraction element. The element which acts as this beam division unit is divided in the direction in which the measurement beam was set to a large number. The original detection method is eternal. The particulars of this embodiment are in the optical system which suited. In the case of the activity of an optical diffraction element instead of the optical system placed like usual into the measurement beam with which each was divided behind the beam division unit, single optical system is usable. This is used before an optical diffraction element or for the back. In this way, all measurement beams or all the measurement beams that were divided are drawn through this optical system. The hologram which has the defined intensity distribution which were generated by the diffraction grating or the computer as an optical diffraction element may be used.

[0019] The punctiform configuration of a photodetector is attained by drawing and the commercial photodetector, for example, the combination of photo diode. All units are punctiform photodetectors arranged in this way at the parfocal if drawing is located in focal within the limits of a measurement beam. This is applied to all the drawing or photodetectors that are placed on the partial beam.

[0020] The scan objective lens amended so that chromatic aberration may be further caused with a lever to much wavelength is used for another advantageous embodiment of this invention. The height scanning zone beforehand given with the depth of focus of a lighting beam is divided into each phase where the depth of focus range of each color is located in a line one by one, in this case. After light passes drawing connected in front of the punctiform photodetector, light \*\*\*\*s in a color, and is divided and is led to various photo diodes.

[0021] The punctiform light source is advantageously realized by laser. Laser supplies the measurement beam by which image formation is keenly carried out



on the front face of an object through optical system. The laser which has a monochromatic light or the light of much wavelength may be used in that case. The latter is required when the scan objective lens amended to much wavelength is used. The high power flux density of laser is very advantageous.

[0022] In order to attain the high data rate at the time of photoing a surface raster image, the beam deflection unit which suited suitably is required. It has become clear that it is dramatically advantageous to use a rotating polygon in that case. It is because the synergy of mechanical actuation and achievement of a high data rate are attained in that case. If a polygon mirror is small designed combining a diameter with the small lighting beam in the location of a polygon mirror, a high rotational frequency will become possible.

[0023] Separation between a lighting beam and a measurement beam is performed by the out coupling mirror which had the hole opened in a core. This advantageous embodiment is designed by the ratio as which it was beforehand determined between the numerical aperture of a measurement beam and a lighting beam.

[0024] Compared with opening of a lighting beam, a large thing has advantageous opening of a measurement beam. The ratio between measurement opening and lighting opening is the scale of the number of height phases which may be measured by height within the limits of each time. It is possible to evaluate the height value between these height phases by interpolation with the object mostly scattered on isotropy. If opening of a measurement beam is far designed greatly rather than opening of a lighting beam, the light of an observation post will be collected covering the basis of a large include angle to the normal of an object, or a large space include angle on an object. This improves resolution remarkably in height. It is advantageous if the noise caused by the speckle is similarly controlled by the large ratio between detection opening and lighting opening. Probably, the request ratio at least should make it 2:1, while being a measurement beam and a lighting beam spread include angle.

[0025] simplification of the optical spacing sensor connected to lifting of a data rate -- a tele cent -- it is attained by the activity of a rucksack scan objective lens. The count process which was required in order to ask accuracy for an image position mainly in the case of the design of the scan objective lens which is not a tele cent rucksack in that case is reduced.

[0026] Although intensity distribution with the unequal partial beam to various photodetectors generally arise, they are advantageously compensated with an electronic formula compensation unit. The intensity distribution with optical unequal reinforcement are produced according to the gestalt and drawing diameter of a beam division unit.

[0027] Modification of height measuring range is advantageously attained by exchange of a scan objective lens. This is performed by the method of the resemblance in a microscope objective lens. Since measuring range and resolution influence mutually, electronic adjustment must be performed about this. Thereby, easy equipment modification of a scanner is enabled. The flat assembly manufactured with various mounting technology by the side dip of an



optical spacing sensor can be inspected (for example, a "surface mounting device", "J-lead", etc.).

[0028]

[Example] A drawing explains the example of a parfocal principle and this invention below.

[0029] The approach [ finishing / demonstration / already ] is shown in drawing 1 in the case of three-dimensions measurement of the structured front face. This is based on the parfocal principle. a parfocal principle -- a hole -- image formation of the punctiform light source formed by laser 1 like [ in the case of drawing or drawing 1 ] is carried out on an object. Image formation of the light by which the backscattering was carried out is carried out on the detector of again almost punctiform. When the object and the detector front face are located in a focus as a matter of fact (i.e., only when it is a parfocal), the maximum optical reinforcement hits on a detector. As what it should be careful of here, each punctiform configuration of said both components is performed by the front end at [ the ] every parfocal drawing. Therefore, it is considered that the laser 1 which has optical system 11 and drawing 30 is the punctiform light source. A punctiform detector is extracted and consists of 31 and the original detector 2, for example, photo diode. The situation of a parfocal is shown by the beam path of a beam 16 in which the focus was connected. In this case, the object 4 is located in a focal plane about optical system 14. The same thing extracts about optical system 12 and 13, and is applied also to 30 and 31. If an object 41 is located in the outside of a focal plane, strong beam divergence will \*\*\*\* with the beam 17 which had the focus removed, and will arise. This is the same semantics as the strong lowering on the strength in a detector 2.

[0030] High resolution is obtained, although a condition is attached by the system of a parfocal and the depth of focus small to be sure exists. Optical system 14 is designed an objective lens and here so that a difference may not be accepted in opening of a measurement beam at all as compared with opening of a lighting beam.

[0031] Relating with progress of luminous-intensity  $I$  detected by drawing 2, it is shown in the height value  $Z$ . In order to photo this curve, it was shifted so that an object might be moved to the both sides of the value to which that height value \*\*\*\*s in setting out of the parfocal which has the maximum reinforcement  $I$ . An assessment standard is the perfect half-value width  $H$ . Half-value width means the range of the height value  $Z$  equivalent to lowering of the reinforcement  $I$  to the one half of maximum.

[0032] The configuration by this invention which \*\*\*\*s in the changed parfocal principle is shown in drawing 3. The important thing in that case is the configuration of the multistage parfocal realized by division of the measurement beam to many individual beams by optical-system 152 a-n, drawing 153 a-n, and photodetector 21 a-n, respectively. The lighting beam 18 is deflected on a rotating polygon 5 in the out coupling mirror 150 in which it is generated by laser 10 and the hole is prepared. This polygon mirror 5 reflects the lighting beam 18 in the direction of the front face of an object 40. Furthermore, the scan objective lens 6 which leads simultaneously the lighting beam 18 and the measurement

beam 19 to both directions is formed. In the measuring point on the front face of an object 40, the numerical aperture of the lighting beam 18 is far smaller than the numerical aperture of the measurement beam 19. The measurement beam 19 drawn through the scan objective lens is again returned to the out coupling mirror 150 through a rotating polygon 5. The measurement beam 19 is divided in the beam division unit 154 following it. In drawing 3, two division is only shown concretely. 16, 20, or the unit beyond it may be placed if needed actually. The beam division unit 154 may consist of divider mirror 151 a-n as shown in drawing 3. However, since mechanical expense is reduced, the activity of the hologram generated by an activity or computer of a diffraction grating is also possible. It may compensate for the high costs for manufacturing a hologram with the important advantage connected to it. That is, it may be influenced by the method by which the diffracted luminous-intensity distribution was beforehand defined by the hologram designed by suitability according to requirements. In the case of a diffraction grating, the role over which the measurement beam into which electronic formula compensation was divided also on the occasion of the activity of a divider mirror is distributed uniformly is carried out.

[0033] The assessment electronic circuitry which \*\*\*\*s in much photodetector 21 a-n, and processes various optical reinforcement is shown in drawing 4. Each detector expresses the height value in the depth of focus T, and an assessment electronic circuitry finds out the height value which has the highest power. This is attained by the threshold of the height which \*\*\*\*s to the specific percentage of the sum of all values on the strength. If many signals exceed a threshold, the suitable height value Z needs to be equalized. An assessment electronic circuitry accepts a suitable signal through amplifier 22 a-n from photodetector 21 a-n, and adds them in an adder 23, and compares an individual value with the sum in comparator 24 a-n. An encoder 25 supplies the desired height value Z. In order to attain high pixel processing speed, the method of this parallel processing is required. As amplifier 22 a-n, sample - and - hold amplifier may be used.

[0034] The outline of the focusing range of the lighting beam 18 is shown in drawing 5. This has the vena-contracta diameter D1 into the vena-contracta part. The depth of focus T is set to be equivalent to the die length of the lighting beam of focal within the limits, and its beam diameter D2 of the lighting beam 18 is increasing in both directions by the meantime at  $1/\sqrt{2}$  twice as many D as this, respectively. The greatest height scanning zone is beforehand given with the depth of focus T. However, it may be changed by exchange of the scan objective lens 6. However, other possibility which is not in agreement with a data rate was mechanical motion of an object. Therefore, although the sensor by the parfocal principle which \*\*\*\*s in drawing 1 is fully optically good, it is too late to an application required now.

[0035] The turbulence operation of secondary reflection itself is fully eliminated by the parfocal principle. However, the data rate realized by it until now was about 100-1000-pixel per minute. A data rate is 106 by the equipment which \*\*\*\*s in drawing 3. It may be raised more than pixel per minute. As long as it is used for detection of a space include angle large enough, shading has another advantage in it not being criticality-like. Since the magnitude of a photodetector

conforms to the magnitude of a lighting spot, image formation only of the location where the object 40 was illuminated is carried out on the detector which consists of photodetector 21 a-n and drawing 153 a-n prefaced, respectively. The laser 10 shown in drawing 3 supplies the collimated light. The large depth of focus in the case of the lighting which exists with the small diameter of the lighting beam 18 in an object 40 is changed into the comparatively small depth of focus in the case of image formation. Resolution or the depth of focus is divided into the small depth of focus range by the division into each measurement beam. It is necessary to respect the well-known optical relation between opening, resolution, a focal distance, etc. in the case of a design. That is, buildup of opening brings about higher resolution, and buildup of a focal distance \*\*\*\*s in the larger depth of focus, and brings about a larger height measuring range. However, since measuring range and resolving power influence mutually, in case the throat area ratio of measurement and the lighting beams 18 and 19 is 25 and height measuring range is 0.5mm, for example, the resolving power of 20 micrometers may be attained. Resolution may be raised by the suitable interpolation between height phases. Modification of height measuring range may be attained by exchange of the scan objective lens 6 by the easy method.

[0036] The late longitudinal direction shift of the object 40 of an one direction may be avoided by the optical spacing sensor which \*\*\*\*s in drawing 3. The longitudinal direction shift of an object 40 may be thoroughly omitted by the activity of an additional galvanometer mirror. A condition is attached to the scanning direction of the 2nd longitudinal direction by the scan by the lighting beam. The height value Z is calculated through an optical spacing sensor from the point of measurement of the each on the front face of an object 40. In this way, the pixel rate of 2MHz may be realized. The data rate or the scan speed is related to the configuration of a polygon mirror. The example of an optical spacing sensor contains the following engineering data.

measurement beam diameter: 7.5mm lighting beam diameter: rotational-speed [ of 0.7mm polygon mirror ] (12 facet, utilization factor 0.5): -- 15000 revolution-per-minute scan die-length (longitudinal direction): -- 3.5mm longitudinal direction -- resolution: 5-micrometer pixel / scan die length: 700 [0037] The pixel data rate which must be processed by the sensor electronic circuitry in a scan, i.e., the scanned line, in the case of the above-mentioned data is 4.2MHz. An effective pixel data rate is set to 2.1MHz based on the utilization factor of the polygon mirror of 0.5.  $2 \times 10^6$  a conductor very complicated in the case of the average scan speed of a pixel/second -- with a plate, test time becomes 20 minutes to a 250x250mm field. the conductor structured simply -- with a plate, test time is within the limits of several minutes.

[0038] the sensor electronic circuitry which \*\*\*\*s in drawing 4 connected to the optical spacing sensor -- a ratio -- detector 21 a-n is also included. Photo diode and amplifier 22 a-n used here should have the very large dynamic range in the short rise time so that fluctuation [ strong against the degree of pole caused by the front face of an object 40 ] on the strength can be detected or compensated. Therefore, since amplifier overdamping is avoided, the amplifier which has a nonlinear magnification property may be used.

[0039] It is also advantageous that it ranks with the data that the field which carries out specular reflection by the spacing sensor by this invention may also be inspected, and accommodation of the lighting beam 18 on the strength may be omitted.



(19)日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-240607

(43)公開日 平成5年(1993)9月17日

(51)Int.Cl.<sup>5</sup>

G 0 1 B 11/00

識別記号

庁内整理番号

F I

A 7625-2F

技術表示箇所

審査請求 有 請求項の数15(全 8 頁)

(21)出願番号 特願平4-248620

(22)出願日 平成4年(1992)8月24日

(31)優先権主張番号 91120863.5

(32)優先日 1991年12月4日

(33)優先権主張国 オーストリア(AT)

(71)出願人 390039413

シーメンス アクチエンゲゼルシャフト  
SIEMENS AKTIENGESEL  
LSCHAFT

ドイツ連邦共和国 ベルリン 及び ミュ  
ンヘン (番地なし)

(72)発明者 アントン シツク

ドイツ連邦共和国 8255 シュウインデッ  
グ フ라우エンホーフエナーシュトラッセ  
4

(74)代理人 弁理士 富村 潔

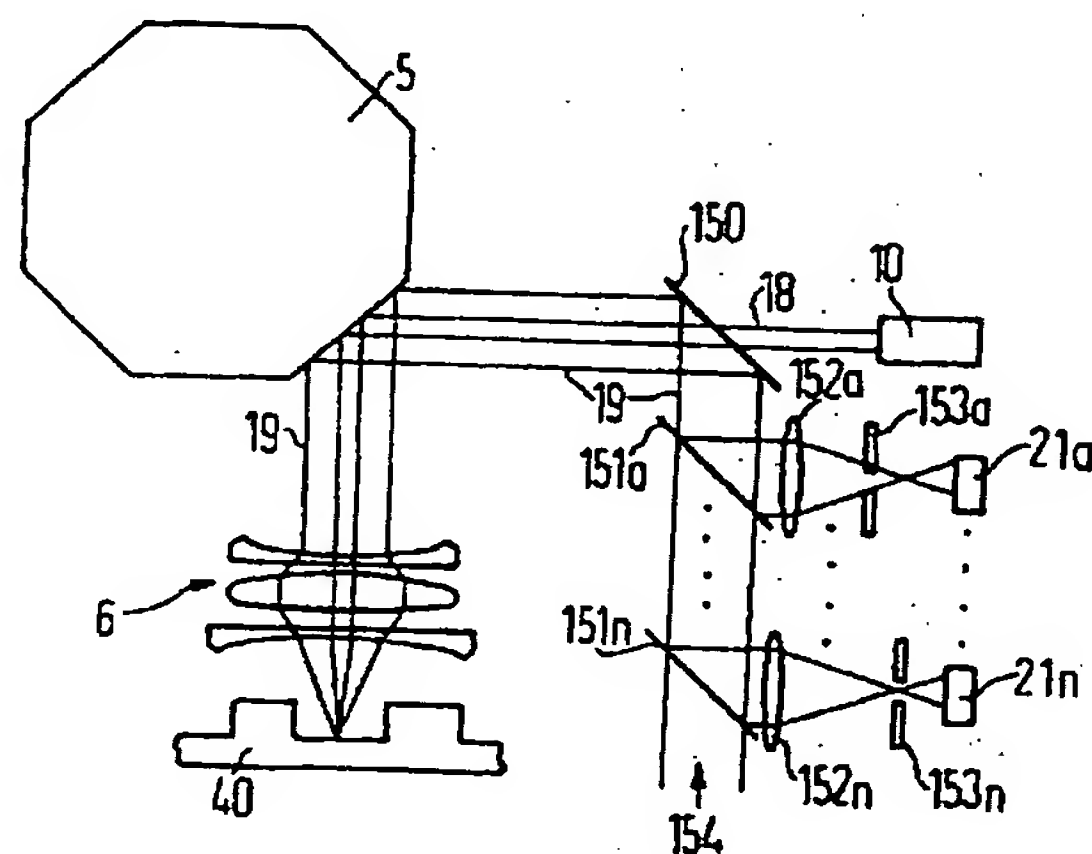
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 光学式間隔センサ

(57)【要約】

【目的】 高い分解能および二次光反射に関する低い感度と同時に高いデータレートを有する光学式間隔センサを提供する。

【構成】 測定ビーム19の直径が照明ビーム18の直径にくらべてはるかに大きい。両ビームの直径が測定位置ではほぼ等しく、その際に照明ビーム18は測定ビーム19よりも大きい焦点深度を有する。測定ビーム19を分割するためのビーム分割ユニット154を有し、その後ろに分割された測定ビーム19の方向に光学系152a~nおよびほぼ点状の光検出器21a~nが配置されており、その際に光検出器が高さ値を区別するため照明ビーム18の焦点深度のなかに分割された測定ビーム19の方向にずらされて配置されており、またそのつどの高さ段階が最大の光強度を有する光検出器により認識される。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 高さ値を求めるため、また三次元の表面測定をするため、特に電子平形モジュールを検査するための同焦点の光学的結像原理による光学式間隔センサであって、表面上に結像される点状の光源と、表面をステップ状に走査するためのビーム偏向ユニットと、照明ビーム(18)および測定ビーム(19)が通される走査対物レンズ(6)と、点状の光源に対して同焦点に配置されている光検出器(2)とを有する間隔センサにおいて、走査対物レンズ(6)の瞳孔のなかで測定ビーム(19)に比してはるかに小さい直径を有する照明ビーム(18)を有し、対象物表面上の測定位置における照明ビーム(18)および測定ビーム(19)のほぼ等しい直径を有し、その際に照明ビーム(18)が測定ビーム(19)よりも大きい焦点深度(T)を有し、測定ビーム(19)を分割するためのビーム分割ユニット(154)を有し、その後ろに分割された測定ビーム(19)の方向に光学系(152a~n)およびほぼ点状の光検出器が配置され、その際に光検出器が高さ値を区別するため照明ビーム(18)の焦点深度(T)のなかに分割された測定ビーム(19)の方向にずらされて配置され、またそのつどの高さ段階が最大の光強度を有する光検出器により認識され、高さと共に変化する照明ビーム(18)の直径が焦点深度(T)のなかで正確に付設の光検出器のなかに結像されるように設計されている光検出器の直径を有することを特徴とする光学式間隔センサ。

【請求項2】 ビーム分割ユニット(154)が測定ビーム(19)のなかに相い前後して配置されている多数の分割器鏡(151a~n)により実現されていることを特徴とする請求項1記載の光学式間隔センサ。

【請求項3】 測定ビーム(19)を分割するため、測定ビーム(19)を多数の定められた方向に分割する単一の光回折要素が設けられ、その際に点状の光検出器が高さ直径を区別するため照明ビーム(18)の焦点深度(T)のなかに分割される測定ビーム(19)の方向にずらされて配置され、またそのつどの高さ段階が最大の光強度を有する光検出器により認識されることを特徴とする請求項1記載の光学式間隔センサ。

【請求項4】 光学系(152a~n)の代わりに単一の光学系が光回折要素の前および後に配置されていることを特徴とする請求項3記載の光学式間隔センサ。

【請求項5】 光検出器(21a~n)のほぼ点状の構成が前置された絞り(153a~n)の使用により実現されていることを特徴とする請求項1ないし4の1つに記載の光学式間隔センサ。

【請求項6】 多くの光波長に対する走査対物レンズ(6)が、個々の色の焦点深度範囲が順次に並び、また強度が絞り(153a~n)の後ろで多くの色敏感な光検出器により色に関係して受け入れ可能であるように設

計されていることを特徴とする請求項1、2または5記載の光学式間隔センサ。

【請求項7】 点状の光源がレーザーにより実現されていることを特徴とする請求項1ないし6の1つに記載の光学式間隔センサ。

【請求項8】 ビーム偏向ユニットが回転多面鏡により実現されていることを特徴とする請求項1ないし7の1つに記載の光学式間隔センサ。

【請求項9】 照明ビーム(18)および測定ビーム(19)を分離するため、中央孔を有するアウトカップリング鏡(150)が使用されることを特徴とする請求項1ないし8の1つに記載の光学式間隔センサ。

【請求項10】 測定位置における測定ビーム(19)および照明ビーム(18)の開き角度の比が少なくとも2:1であることを特徴とする請求項1ないし9の1つに記載の光学式間隔センサ。

【請求項11】 走査対物レンズ(6)がテレセントリックに構成されていることを特徴とする請求項1ないし10の1つに記載の光学式間隔センサ。

【請求項12】 三次元分解能および走査対物レンズ(6)の測定範囲を変更するため走査対物レンズ(6)がその焦点深度を変更可能であり、または他のものと交換可能であることを特徴とする請求項1ないし11の1つに記載の光学式間隔センサ。

【請求項13】 種々の光検出器への測定ビーム(19)の部分ビームの不均等な強度分布を補償する電子式補償ユニットが設けられていることを特徴とする請求項1ないし12の1つに記載の光学式間隔センサ。

【請求項14】 電子式増幅器(22aないしn)が光検出器(21aないしn)に相応して、過制御を回避するため、非線形の増幅特性曲線を有することを特徴とする請求項1ないし13の1つに記載の光学式間隔センサ。

【請求項15】 間隔センサが、三次元の対象物を斜めに上からも観察し得るように、対象物表面への法線に関して傾けられていることを特徴とする請求項1ないし14の1つに記載の光学式間隔センサ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、高さ値を求めるため、また三次元の表面測定をするための同焦点の光学的結像原理による光学式間隔センサに関する。好ましい使用分野は特にろう付け個所の検査およびたとえばマルチチップモジュールのような密に実装された電子平形アセンブリにおけるモジュール性状の検査である。

【0002】

【従来の技術】 平形アセンブリのろう付け個所またはモジュールの検査の際に主として導体帯狭窄、粒子による汚れ、ろう付け個所の質、接続パッドの正しい配置、短絡などに関して検査される。マイクロエレクトロニクス

における部品実装密度の増大により高い分解能および高い検査速度での三次元対象物の検査が不可欠になっている。特に未実装または実装済みのマイクロ配線板は自動的に検査されるべきである。

【0003】対象物表面の三次元に存在する多数の点から成る高さラスター像を撮影するためのこれまでに知られている装置は主としていわゆる三角測量法に基づいている。その際にレーザービームが対象物の表面を走査する。特定の表面点の2つの平面位置座標は走査ビームまたは照明ビームと平形アセンブリとの間の相対的位置により知られている。現在測定される表面点の高さ座標は側方に配置されている少なくとも1つの対物レンズにより位置敏感な検出器と結び付けて検出される。こうして多数の表面点の三次元の位置座標が決定され得る。撮影された表面像と理想的表面像との比較により、また特定の誤差規準を顧慮して、平形アセンブリにおける欠陥が自動的に認識され得る。

【0004】上記の三角測量法は種々の観点で改良されているが、次のようないくつかの原理的な欠点を有する。一検出器が現在の衝突点に相応しない対象物の表面点からの反射光を撮影するならば、二次光の影響の恐れがある。このことは表面が強く輝いている際にかなりの測定誤差に通ずる。一非常に密に比較的大きい対象物と並んでまたは凹みに位置する小さい対象物は陰になるので、あらゆる場合に検出され得ない。シャイムプルーグ(Scheimpflug)条件を守るためには、一般に検出器上への拡大しない結像が必要である。このことは測定スポットの大きさが小さい際に高い電力密度に通ずる。横方向ホトダイオードの検出器表面上の高い電力密度は走査速度を高めることを制限する。ホトダイオードアレイの使用はデータレートを高めない。一たとえばセンサシステムにおける対物レンズの簡単な交換により結像尺度、従ってまた分解能を偏向することはこれまでに知られていない。

【0005】市場で得られる三角測量法による測定システムは上記の欠点を部分的に回避し得る特定の形態を有する。ロボティック・ビジョン・システムズ社(Robotic Vision Systems、米国)は、二次反射による誤測定を回避するため、横方向ホトダイオードの代わりに直線ホトダイオードアレイを採用している。相応の評価ソフトウェアにより誤測定が認識され消去される。しかし、全体としてシステムのデータレートが、プロセスラインでの完全な検査に適さないほどに強く減少する。

【0006】横方向ホトダイオードの応用の際の問題を克服するため、松下寿電気株式会社(日本)は、8つの方向から観測されるシステムを開発した。検出器信号の評価は適当なアルゴリズムにより実行される。輝いている表面における認識の確実さはそれにより高くなる。全体構造は高速回転する円板により走査する各8つの検出器を有する約4つのセンサヘッドの使用により非常に高

価である。さらに、このシステムは深い孔のなかで測定し得ない。40 $\mu$ mよりも大きい分解能はセンサヘッドの高速回転の際の機械的および光学的調整の問題のために達成されない。

【0007】名古屋電気製作所(日本)はレーザービームにより実装された導体板の上を走査して、また鏡面反射の角度を測定する。ろう付け個所または部品の表面傾斜の評価により絶対高さが積分により決定され得る。しかし45°よりも大きい傾斜は検出され得ない。それにより垂直な壁を有する対象物の高さは測定可能でない。小さい孔のなかの測定は可能でなく、また二次反射が排除され得ない。

【0008】同じく公知のシステムがオムロン生命科学研究所(日本)から提供されている。ここでは鏡面反射された光から高さ情報が得られる。試料は種々の方向から3つの異なる色で照明される。鏡面反射された光はカラー写真により検出され、また試料表面の傾斜が計算される。性能範囲はほぼ名古屋電気製作所のシステムに相当する。

【0009】一般に、特に鏡面反射する表面を有するろう付け個所において生ずる二次反射は大きい検出器表面の際に隣接するろう付け個所に誤情報および相応に誤った高さ値を招くと言うことができる。従って小さい検出器表面の使用に向かって努力されている。なぜなら、これにより目下結像すべき測定位置のすぐ周囲のみが検出されるからである。同期化された三角測量法の使用により、このことが顧慮される。その際に検出ビームは2つの側方に取付けられた偏向装置により走査対物レンズおよびビーム偏向ユニット(回転多面鏡)を介して検出器表面へ向けられる。照明および測定ビーム(検出ビーム)の同期したビーム偏向により検出器への衝突点の高さ運動のみが結像され、それによってこれが相応に細くされ得るし、また走査方向の二次反射が暗くされる。走査方向に対して垂直に生ずる擾乱反射はそれにより除去されない。システム上光の衝突点または測定位置は2つの空間方向からのみ観測する必要がある。密に実装された導体板では、このことは相当の陰影に通ずる。

【0010】構造の三次元の測定の際に既に実証されている方法は同焦点原理に基づいている。その際、通常は絞り孔により定められる点状の光源が試料または対象物の上に結像される。その際に最大の光強度は、対象物および検出器平面が実際にそのつどの光学系の焦点に位置している(同焦点)ならば、検出器(光検出器)にのみ当たる。対象物が焦平面の外側に位置するならば、点状の検出器の前で測定ビームの強い広がりが生じ、それによって測定可能な強度が強く減少する。

【0011】同焦点原理に基づくセンサはたとえば文献安藤他著「レーザースキャナを使用するエッチングされたパターン」の3D輪郭検出」SPIC論文集、第389巻、光学システムエンジニアリングIII、米国ロサンゼ



ルス、1989年1月20、21日に記載されている。特に第2図および第3図に、対象物平面およびセンサ平面がそれぞれ焦点範囲内に位置することが示されている。さらに、この文献には走査レンズならびにビーム偏向ユニットとしての回転多面鏡の使用が記載されている。

【0012】

【発明が解決しようとする課題】本発明の課題は、高い分解能および二次光反射に関する低い感度と同時に高いデータレートを有する光学式間隔センサを提供することにある。

【0013】

【課題を解決するための手段】この課題は請求項1の特徴部分により解決される。

【0014】

【作用効果】同焦点原理で構成されるセンサは点状に対象物の上に結像される光源により作動する。対象物から後方散乱された光はほぼ点状の検出器の上に結像される。対象物および像または検出器は照明または測定ビームの焦点に位置している。それと結び付けられる小さい焦点深度は対象物の三次元測定のための表面点の撮影の際の高い分解能と結び付けられている。

【0015】撮影すべき高さ情報または高さ値は三角測量法に類似して対象物表面への法線に対してできるかぎり大きい角度のもとで垂直な照明および観測により得られる。しかし、照明ビームおよび測定ビームを同時に導く走査対物レンズが使用されまたその際に照明ビームの直径が測定ビームの直径よりもはるかに小さく構成されている場合には、対物レンズの開き円錐全体にわたり観察が行われる。こうして、照明ビームの衝突点から対象物表面へ出発するすべてのビームが測定の際に顧慮される。検出のために寄与する空間角度はそれによって三角測量法のそれよりもはるかに大きい。

【0016】本発明は、現在の要求に対して十分なデータレートが、同焦点原理の変形である光学式間隔センサにより実現されるという認識に基づいている。ラスタ化された表面像の撮影の際の比較的遅い横方向および軸線方向の対象物シフトを回避するため、多重に分割された測定ビームに相応して多くの並列に動作するほぼ点状の光検出器が設けられている。光検出器はすべて同焦点に配置されており、また対象物が高さを変えられないならば照明ビームの焦点深度により予め与えられている高さ測定範囲の分割をなしている。この最大の高さ測定範囲はこうして、対象物の機械的追従なしに分解可能である多くの段階に分割される。そのために、種々の分割された測定ビームに関してずらされた点状の光検出器の配置が必要である。光検出器の直径は、測定高さと共に変化する焦点深度のなかの照明ビームの直径が正確に対応付けられている光検出器のなかに結像されるように設計されている。照明ビームの焦点深度のなかのそのつど適

切な高さ段階が最大の光強度を有する光検出器により認識される。

【0017】本発明の有利な実施態様では、ビーム分割ユニットとして分割器鏡が使用されている。ビーム分割器鏡は機構上費用がかかるにもかかわらず最も簡単な形式のビーム分割ユニットである。このことは約20の個別ビームまで測定ビームを分割する場合にも当てはまる。

【0018】構造上の単純化は単一の光回折要素の使用により達成される。このビーム分割ユニットとして作用する要素は測定ビームを多数の定められた方向に分割する。本来の検出方式は不変である。この実施態様の特殊性は適合された光学系にある。通常のようにビーム分割ユニットの後ろに各個の分割された測定ビームのなかに置かれる光学系の代わりに、光回折要素の使用の際には単一の光学系が使用可能である。これは光回折要素の前または後に使用される。こうして、すべての測定ビームまたはすべての分割された測定ビームはこの光学系を介して導かれる。光回折要素としてはたとえば回折格子、または計算機により発生された定められた強度分布を有するホログラムが使用され得る。

【0019】光検出器の点状の構成は、絞りおよび市販の光検出器、たとえばホトダイオードの組み合わせにより達成される。すべてのユニットはこうして、絞りが測定ビームの焦点範囲内に位置するならば同焦点に配置されている点状の光検出器である。このことは、部分ビーム上に置かれているすべての絞りまたは光検出器に当てはまる。

【0020】本発明の別の有利な実施態様は、多くの波長に対してことさらに色収差が引き起こされるように補正されている走査対物レンズを使用する。照明ビームの焦点深度により予め与えられる高さ走査範囲はこの場合、個々の色の焦点深度範囲が順次に並ぶ個々の段階に分割される。光が点状の光検出器の前に接続されている絞りを通過した後、光は色に相応して分割され、また種々のホトダイオードに導かれる。

【0021】点状の光源は有利にはレーザーにより実現される。レーザーは、光学系を介して対象物の表面の上に鋭く結像される測定ビームを供給する。その際に単色の光または多くの波長の光を有するレーザーが使用され得る。後者は、多くの波長に対して補正された走査対物レンズが使用される場合に必要である。レーザーの高い電力密度は極めて有利である。

【0022】表面ラスタ像を撮影する際の高いデータレートを達成するためには、相応に適合されたビーム偏向ユニットが必要である。その際に回転多面鏡を使用することは非常に有利であることが判明している。なぜなら、機械的駆動の共同作用および高いデータレートの達成がその際に可能になるからである。多面鏡の位置における照明ビームの小さい直径と組み合わせて多面鏡を小



さく設計すると高い回転数が可能になる。

【0023】照明ビームと測定ビームとの間の分離は中心に孔をあけられたアウトカップリング鏡により行われる。この有利な実施態様は測定ビームおよび照明ビームの開口数の間の予め定められた比に設計されている。

【0024】測定ビームの開口が照明ビームの開口にくらべて大きいことは有利である。測定開口と照明開口との間の比は、そのつどの高さ範囲内で測定され得る高さ段階の数の尺度である。ほぼ等方性に散乱する対象物では、内挿によりこれらの高さ段階の間の高さ値を評価することが可能である。測定ビームの開口が照明ビームの開口よりもはるかに大きく設計されると、観測位置の光は対象物の上に対象物の法線に対する大きい角度のもとに、または大きい空間角度にわたって集められる。このことは高さ分解能を著しく改善する。同じく、検出開口と照明開口との間の大きい比によりスペックルにより惹起されるノイズが抑制されると有利である。測定ビームおよび照明ビームの開き角度の間の少なくとも所望比は2:1とすべきであろう。

【0025】データレートの上昇と結び付けられる光学式間隔センサの単純化はテレセントリックな走査対物レンズの使用により達成される。その際、主として、テレセントリックでない走査対物レンズの設計の際に像位置を正確に求めるために必要であった計算工程が節減される。

【0026】一般に種々の光検出器への部分ビームの不均等な強度分布が生ずるが、それらは有利には電子式補償ユニットにより補償される。光強度の不均等な強度分布はビーム分割ユニットの形態および絞り直径に応じて生ずる。

【0027】高さ測定範囲の変更は有利には走査対物レンズの交換により達成される。これは顕微鏡対物レンズにおけるのと類似の仕方で行われる。測定範囲および分解能が相互に影響するので、これに関して電子的調整が行われなければならない。それにより走査装置の容易な装備変更が可能にされる。光学式間隔センサの側方傾斜により、種々の実装技術で製作された平形アセンブリを検査することができる（たとえば“表面取付デバイス”、“J-リード”等）。

【0028】

【実施例】以下に図面により同焦点原理および本発明の実施例を説明する。

【0029】図1には、構造化された表面の三次元測定の際に既に実証済みの方法が示されている。これは同焦点原理に基づいている。同焦点原理では、たとえば孔絞りにより、または図1の場合のようにレーザー1により形成される点状の光源が対象物の上に結像される。後方散乱された光は再びほぼ点状の検出器の上に結像される。対象物および検出器表面が事実上焦点に位置している場合、すなわち同焦点である場合にのみ、検出器の上

に最大の光強度が当たる。ここで注意すべきこととして、前記両構成要素の各々の点状の構成は同焦点絞りのそのつどの前置により行われる。従って、光学系11および絞り30を有するレーザー1が点状の光源とみなされる。点状の検出器は絞り31および本来の検出器2、たとえばホトダイオードから成っている。同焦点の状況は焦点を結ばれたビーム16のビーム経路により示されている。この場合、対象物4は光学系14に関して焦平面内に位置している。同じことが光学系12、13に関して絞り30、31にも当てはまる。対象物41が焦平面の外側に位置すると、強いビーム広がり焦点を外されたビーム17に相応して生ずる。このことは検出器2における強い強度低下と同じ意味である。

【0030】同焦点の系により条件付けられて、確かに小さい焦点深度が存在するが、高い分解能が得られている。対物レンズ、ここでは光学系14は、照明ビームの開口に比較して測定ビームの開口に差異が全く認められないように設計されている。

【0031】図2には検出された光の強度Iの経過が高さ値Zに関係して示されている。この曲線を撮影するため対象物が、その高さ値が最大の強度Iを有する同焦点の設定に相応する値の両側に動かされるようにずらされた。評価規準は完全な半値幅Hである。半値幅とは、最大値の半分への強度Iの低下に相当する高さ値Zの範囲をいう。

【0032】図3には、変更された同焦点原理に相応する本発明による構成が示されている。その際に重要なことは、それぞれ光学系152a~n、絞り153a~nおよび光検出器2.1a~nによる多くの個別ビームへの測定ビームの分割により実現されている多段の同焦点の構成である。照明ビーム18はレーザー10により発生され、また孔を設けられているアウトカップリング鏡150により回転多面鏡5の上に偏向される。この多面鏡5は照明ビーム18を対象物40の表面の方向に反射させる。さらに、照明ビーム18および測定ビーム19を同時に両方向に導く走査対物レンズ6が設けられている。対象物40の表面上の測定位置において照明ビーム18の開口数は測定ビーム19の開口数よりもはるかに小さい。走査対物レンズを介して導かれた測定ビーム19は再び回転多面鏡5を介してアウトカップリング鏡150に戻される。それに続いてビーム分割ユニット154のなかで測定ビーム19が分割される。図3中には単に2つの分割が具体的に示されている。実際には必要に応じて16、20またはそれ以上のユニットが置かれていてよい。ビーム分割ユニット154は、図3に示されているように、分割器鏡151a~nから成っていてよい。しかし、機械的経費を低減するため、回折格子の使用または計算機により発生されるホログラムの使用も可能である。ホログラムを製作するための高い費用は、それと結び付けられる重要な利点により償われ得る。すな

わち、回折された光の強度分布がたとえば相応に設計されたホログラムにより要求条件に応じて予め定められた仕方で影響され得る。回折格子の際には、また分割器鏡の使用の際にも、電子式補償が分割された測定ビームを均等に分布させる役割をする。

【0033】図4には、多数の光検出器21a~nに相応して種々の光強度を処理する評価電子回路が示されている。各検出器は焦点深度Tのなかの高さ値を表し、また評価電子回路は最高の電力を有する高さ値を見出す。このことは、すべての強度値の和の特定の百分率に相応する高さのしきいにより達成される。多くの信号がしきい値を上廻ると、相応の高さ値Zが平均化される必要がある。評価電子回路は光検出器21a~nから相応の信号を増幅器22a~nを介して受け入れ、それらを加算器23のなかで加算し、また個別値をコンパレータ24a~nのなかで和と比較する。エンコーダ25は所望の高さ値Zを供給する。高い画素処理速度を達成するために、この並列処理の仕方が必要である。増幅器22a~nとしてはたとえばサンプル・アンド・ホールド増幅器が使用され得る。

【0034】図5には照明ビーム18の焦点範囲の概要が示されている。これはそのくびれ部分にくびれ直径D1を有する。焦点深度Tは、焦点範囲内の照明ビームの長さに相当するように定められており、その間でそれぞれ両方向に照明ビーム18のビーム直径D2がD1の $\sqrt{2}$ 倍に増されている。焦点深度Tにより最大の高さ走査範囲が予め与えられている。しかし、それは走査対物レンズ6の交換により変更され得る。しかしデータレートと一致していない他の可能性は対象物の機械的運動であった。従って図1に相応する同焦点原理によるセンサは光学的に十分に良好であるが、現在必要な用途に対してはあまりに遅い。

【0035】同焦点原理により二次反射の擾乱作用自体は十分に排除される。しかし、これまでそれによって実現されたデータレートは約100~1000画素毎分であった。図3に相応する装置によりデータレートは $10^6$ 画素毎分以上に高められ得る。別の利点は、十分に大きい空間角度が検出のために利用されるかぎり、陰影が臨界的でないことにある。光検出器の大きさが照明スポットの大きさに適合されているので、対象物40の照明された位置のみが、光検出器21a~nおよびそれぞれ前置されている絞り153a~nから成る検出器の上に結像される。図3に示されているレーザー10はコリメートされた光を供給する。対象物40における照明ビーム18の小さい直径により存在する照明の際の大きい焦点深度は結像の際の比較的小さい焦点深度に変換される。個々の測定ビームへの分割により分解能または焦点深度が小さい焦点深度範囲に分割される。設計の際に開口、分解能、焦点距離などの間の公知の光学的関係を顧慮する必要がある。すなわち開口の増大はより高い分解

能をもたらす、また焦点距離の増大はより大きい焦点深度に相応してより大きい高さ測定範囲をもたらす。しかし、測定範囲および分解能は互いに影響するので、たとえば測定および照明ビーム18、19の開口比が25、また高さ測定範囲が0.5mmの際に $20\mu\text{m}$ の分解能が達成され得る。分解能は高さ段階の間の適当な内挿により高められ得る。高さ測定範囲の変更は簡単な仕方而走査対物レンズ6の交換により達成され得る。

【0036】図3に相応する光学式間隔センサにより一方向の対象物40の遅い横方向シフトが回避され得る。追加的な検流計鏡の使用により対象物40の横方向シフトは完全に省略され得る。第2の横方向の走査方向は照明ビームによる走査により条件付けられる。高さ値Zは対象物40の表面上の各個の測定点に対して光学式間隔センサを介して求められる。こうして2MHzの画素レートが実現され得る。データレートまたは走査速度は多面鏡の構成に関係している。光学式間隔センサの実施例はたとえば下記の技術データを含んでいる。

測定ビーム直径： 7.5mm

照明ビーム直径： 0.7mm

多面鏡の回転速度(12ファセット、利用率0.5)：  
15000回転/分

走査長さ(横方向)： 3.5mm

横方向分解能：  $5\mu\text{m}$

画素/走査長さ： 700

【0037】走査のなかで、すなわち走査された行のなかで上記のデータの際に、センサ電子回路により処理されなければならない画素データレートは4.2MHzである。0.5の多面鏡の利用率に基づいて有効な画素データレートは2.1MHzとなる。 $2 \times 10^6$ 画素/秒の平均走査速度の際に非常に複雑な導体板ではたとえば $250 \times 250\text{mm}$ の面に対して試験時間は20分となる。簡単に構造化された導体板では試験時間は数分の範囲内である。

【0038】光学式間隔センサに接続されている図4に相応するセンサ電子回路は光検出器21a~nをも含んでいる。ここに使用されるフォトダイオードおよび増幅器22a~nは、対象物40の表面により惹起される極度に強い強度変動を検出または補償し得るように、短い上昇時間において非常に大きいダイナミックレンジを有すべきである。従って、増幅器過制御を回避するため、非線形の増幅特性を有する増幅器が使用され得る。

【0039】本発明による間隔センサにより鏡面反射する面も検査され得るという事実とならんで、照明ビーム18の強度調節が省略され得ることも有利である。

【図面の簡単な説明】

【図1】同焦点原理の説明図。

【図2】対象物表面の1つの点における機械的な高さ走査の間の光強度の経過図。

【図3】並列に動作する多数の検出器が設けられてお

り、回転多面鏡により高速走査するための同焦点の構成を有する本発明による光学式間隔センサ。

【図4】点状の光検出器の信号の並列処理のためのセンサエレクトロニクスに関する原理図。

【図5】照明ビームの焦点範囲または焦点深度を示す図。

【符号の説明】

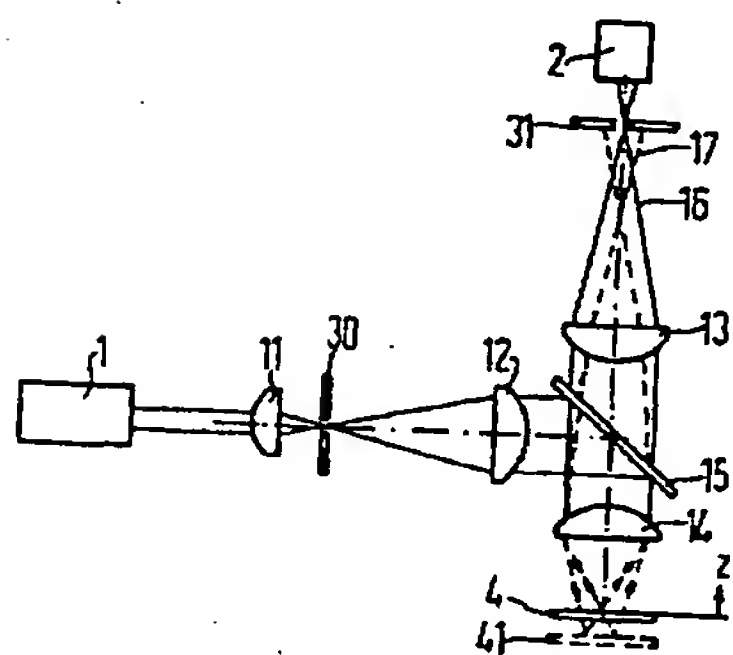
- 1 レーザー
- 2 検出器
- 4 対象物
- 5 回転多面鏡
- 6 走査対物レンズ
- 10 レーザー
- 11～13 光学系
- 14 対物レンズ
- 16 焦点を結ばれたビーム
- 17 焦点を外されたビーム

- 18 照明ビーム
- 19 測定ビーム
- 21 光検出器
- 22 増幅器
- 23 加算器
- 24 コンパレータ
- 25 エンコーダ
- 30、31 絞り
- 40 対象物
- 150 アウトカップリング鏡
- 151 分割器鏡
- 153 絞り
- 154 ビーム分割ユニット
- H 半値幅
- I 光の強度
- Z 高さ値

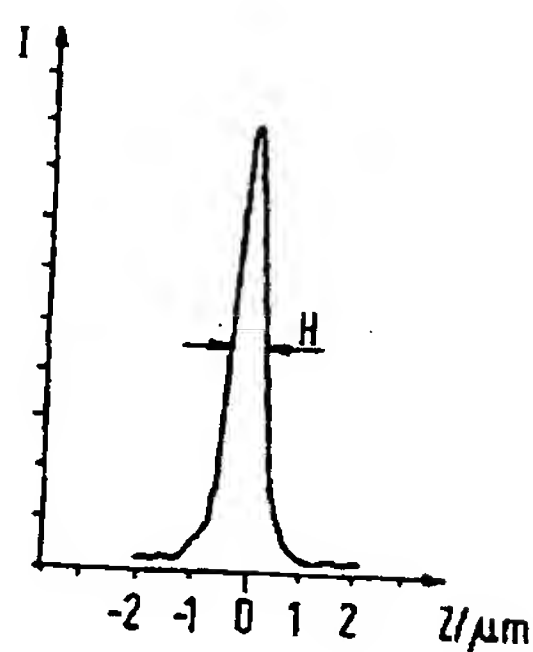
【図1】

【図2】

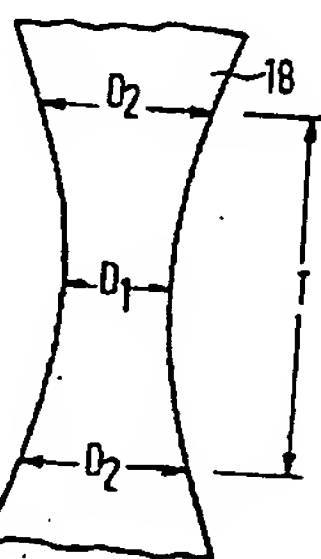
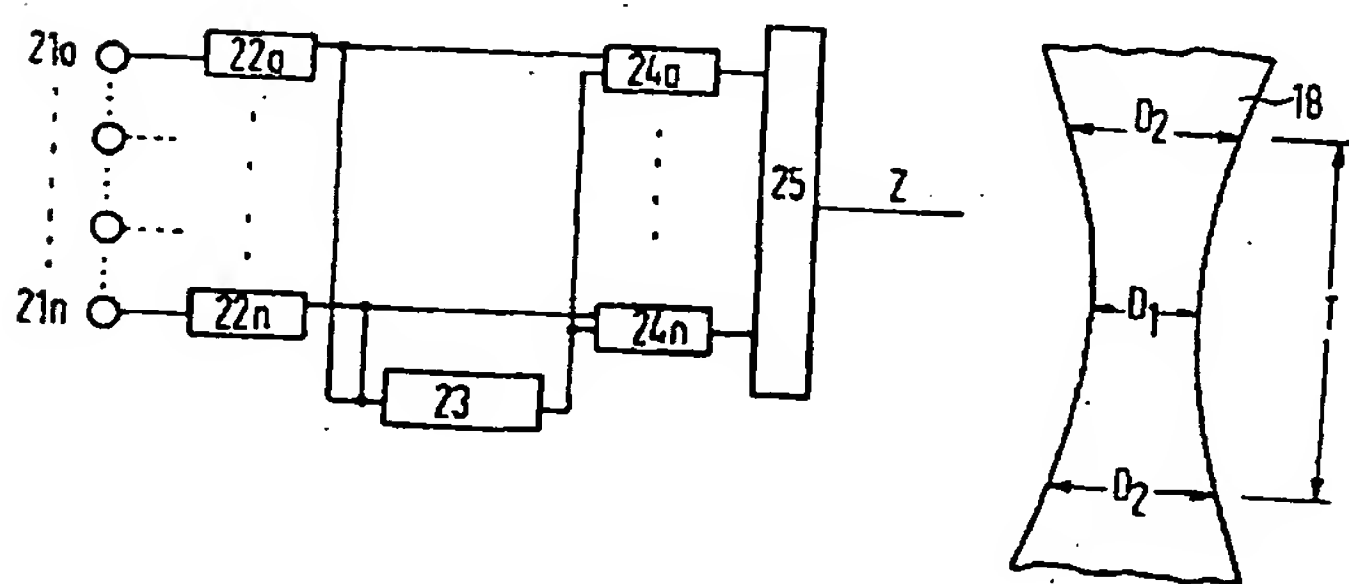
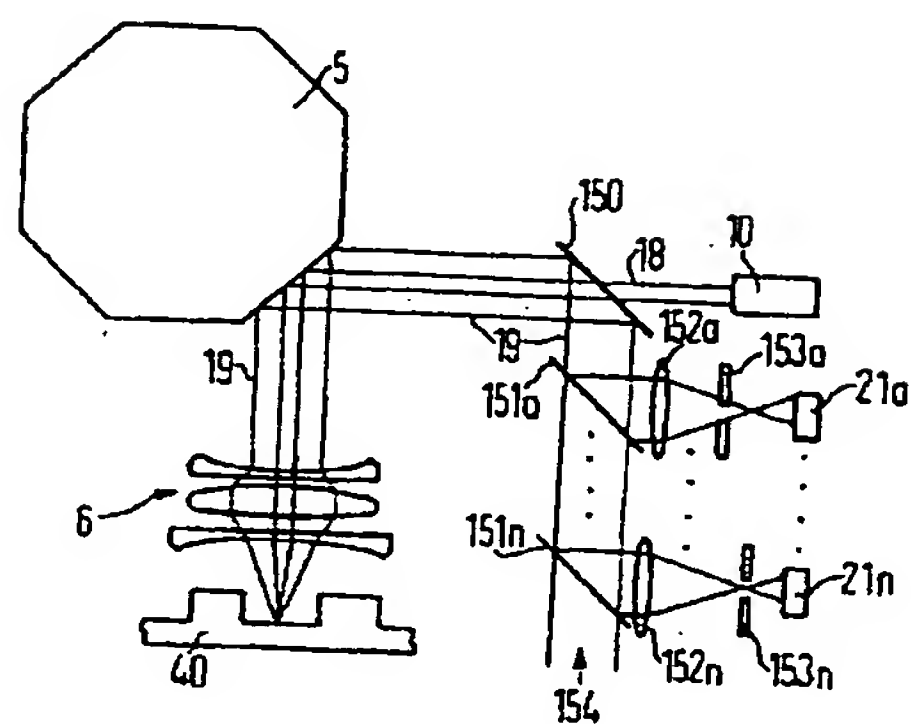
【図3】



【図4】



【図5】



フロントページの続き

(72)発明者 リヒアルト シュナイダー  
ドイツ連邦共和国 8028 タウフキルヒエ  
ン エガーレンダーシュトラッセ 5

(72)発明者 ミヒアエル シュトツクマン  
ドイツ連邦共和国 8206 ブルツクミュー  
ル-ゲツチング エンチアンヴェーク 18